



⑯ Aktenzeichen: 195 01 110.4
⑯ Anmeldetag: 18. 1. 95
⑯ Offenlegungstag: 18. 7. 96

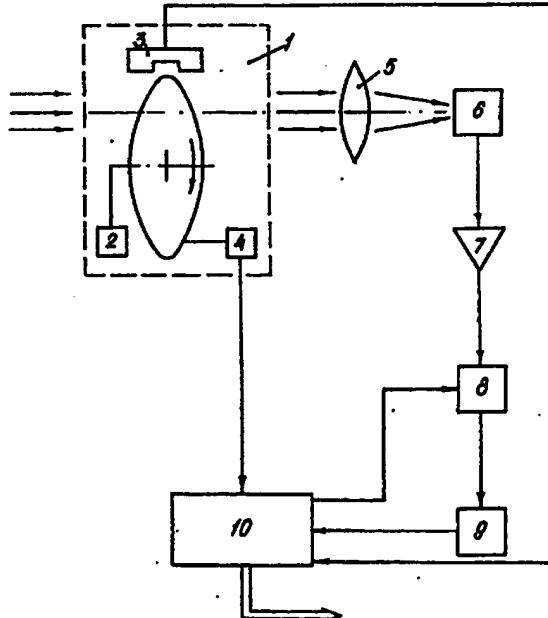
⑯ Anmelder:
IFU GmbH Privates Institut für Umweltanalysen,
09557 Flöha, DE

⑯ Vertreter:
Hübner, B., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 09111 Chemnitz

⑯ Erfinder:
Michailičenko, Sergej Anatolovič, Dr.,
Moskau/Moskva, RU; Ponomarenko, Vladimir
Pavovič, Prof. Dr., Moskau/Moskva, RU; Taubkin,
Igor Isakovič, Prof. Dr., Moskau/Moskva, RU;
Chriapov, Vladimir Timofejevič, Moskau/Moskva,
RU; Scharff, Wolfram, Prof. Dr., 09111 Chemnitz, DE

⑯ Wärmebildkamera

⑯ Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Abmessung und den Energieverbrauch einer Wärmebildkamera zu senken, sowie die Meßgenauigkeit durch Verhinderung von Fehlern, die mit der Parameterdrift des Fotoempfängers verbunden sind, zu erhöhen.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß bei einer Wärmebildkamera, bestehend aus einem optischen Schalter (1) mit einem Positionssensor (3) und einem Drehantrieb (2), einem Objektiv (5) und einem Fotoempfänger (6), und einer Eichstrahlungsquelle mit einem mit ihr in Wärmekontakt befindlichen Temperatursensor (4), die in Reihe mit einem Fotoempfängerverstärker (7), einem AD-Wandler (8), einem Speicherblock (9) und einem Mikroprozessor-Controller (10) geschaltet sind, der optische Schalter (1) eine Scheibe mit alternierenden, für Wärmestrahlung durchsichtigen Gebieten (11) und nichtdurchsichtigen Gebieten (12) enthält, wobei ein Teil der nichtdurchsichtigen Gebiete (12) einen Reflektionskoeffizienten E_1 hat und der andere Teil einen Reflektionskoeffizienten E_2 ungleich E_1 , und daß die nichtdurchsichtigen Gebiete (12) des optischen Schalters (1) die Quellen der Eichstrahlungsquelle sind. Die Erfindung betrifft eine Wärmebildkamera zur Darstellung und Übertragung von Wärmebildern. Sie kann in Geräten zur berührungslosen Kontrolle und Messung von Temperaturfeldern verschiedener Objekte verwendet werden.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Wärmebildkamera zur Darstellung und Übertragung von Wärmebildern. Sie kann in Geräten zur berührungslosen Kontrolle und Messung von Temperaturfeldern verschiedener Objekte verwendet werden.

Es ist eine Anordnung für die Analyse von Temperaturfeldern eines Objektes bekannt, die eine kalibrierte Strahlungsquelle, einen Umkehrspiegel, eine Fernsehwiedergabeöhre und einen Elektronikblock zur Verarbeitung und Darstellung der Abbildung enthält. Die Anordnung bildet auf dem Abbildungsschirm das Wärmebild des zu untersuchenden Objektes wieder. Weiterhin können ein stroboskopisches Rechtecksignal, die Abbildung von Bereichen des zu untersuchenden Objektes, in welchen der Pegel des Videosignals den vorgegebenen übersteigt, aber auch beliebige andere Überlagerungskombinationen der aufgezählten Abbildungen wiedergeben werden. Die Temperaturbestimmung in einem gegebenen Punkt oder Gebiet des zu untersuchenden Objektes mit Hilfe solch einer Anordnung wird üblicherweise durch die Messung der Amplitude des Videosignals in den Grenzen des stroboskopischen Impulses durchgeführt. Dabei wird üblicherweise zur Anzeige ein digitaler Meßblock benutzt. Für eine genaue Temperaturbestimmung wird die sogenannte Kompensationsmethode benutzt, bei welcher am Eingang der Wiedergabebildröhre mit Hilfe eines Umkehrspiegels der Strahlungsfluß auf eine kalibrierte Quelle gerichtet wird, und ihre Helligkeit, die proportional der Temperatur ist, durch den Beobachter so geregelt wird, daß das Videosignal, welches durch einen Meßblock registriert wird, genau so groß wird, wie das ausgeblendete Videosignal vom zu untersuchenden Objekt.

Der Temperaturwert wird dabei von einer Skala der kalibrierten Quelle abgelesen (UdSSR-Patent 786062).

Der Hauptnachteil solch einer Anordnung besteht darin, daß zur Ermittlung des genauen Resultates eine Handregulierung (Kompensation) angewendet werden muß. Das ist machbar bei der Messung der Temperatur in einzelnen Objektpunkten. Allerdings ist solch eine Anordnung zur Bestimmung von Temperaturfeldern des Objektes faktisch nicht machbar.

Auch ist eine Wärmebildkamera bekannt, welche ohne Handregulierung nach einer kalibrierten Lichtquelle auskommt. Dabei wird die Stütztemperatur automatisch in den Signalabarbeitungsalgorithmus eingeführt (UdSSR-Patent 1814195). Diese Wärmebildkamera besitzt einen Spiegel, der als optischer Schalter arbeitet und mit einem Positionssensor und einem Drehantrieb versehen ist. Mit ihm ist optisch eine kalibrierte Strahlungsquelle mit einem Temperatursensor verbunden, welcher sich mit dieser im Wärmekontakt befindet, wobei nacheinander entlang dem Gang des optischen Signals Objektiv- und Fotoempfänger angeordnet sind, die mit einem Fotoempfängerverstärker, einem AD-Wandler, einem Mikroprozessor-Controller und einem entsprechenden Speicherblock in Reihe geschaltet sind. Das Signal vom Temperatursensor der kalibrierten Quelle, der Eichstrahlungsquelle, tritt in den Mikroprozessor-Controller ein und wird zum Berechnen der Objekttemperatur benutzt. Der optische Spiegelschalter richtet den Strahl vom Objekt und von der kalibrierten Quelle abwechselnd auf den Fotoempfänger. Der Fotoempfänger wandelt das optische Signal in ein elektrisches um, welches nach einer entsprechenden Verstärkung auf den AD-Wandler trifft und in digitaler Form in

den Speicher des Prozessors abgelegt wird. In den Speicher des Mikroprozessors ist weiterhin die kalibrierte Abhängigkeitskurve der Amplitude des Signals von der Temperatur, welche auf den AD-Wandler auftrifft, eingeschrieben. Das Signal der kalibrierten Quelle und das Signal vom Temperatursensor der kalibrierten Quelle werden für die automatische Korrektur der kalibrierten Kurve des Signals nach der Temperaturachse benutzt. Dadurch erreicht man eine Übereinstimmung des Ausgangssignals mit der Stütztemperatur. Die beschriebene Anordnung liegt der vorgeschlagenen Erfindung am nächsten.

Der Nachteil dieser bekannten Wärmebildkamera besteht in relativ großen Abmessungen, welche durch die Eichquelle bedingt sind. Damit verbunden ist auch eine Erhöhung des Energieverbrauches und das Auftreten von Fehlern, welche als Ergebnis der Parameterdrift des Fotoempfängers auftreten. Dieser Fehler in der beschriebenen Anordnung kann nicht verhindert werden, da die automatische Korrektur der kalibrierten Kurve nur in einem Punkt möglich ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Abmessung und den Energieverbrauch einer Wärmebildkamera zu senken, sowie die Meßgenauigkeit durch Verhinderung von Fehlern, die mit der Parameterdrift des Fotoempfängers verbunden sind, zu erhöhen.

Zur Erreichung dieses Ziels sind in einer an sich bekannten Wärmebildkamera nacheinander, entlang dem optischen Signalgang, ein optischer Schalter mit einem Positionssensor und einem Drehantrieb, ein Objektiv und ein Fotoempfänger sowie eine Eichstrahlungsquelle mit einem zu ihr im Wärmekontakt befindlichen Temperatursensor angeordnet, die in Reihe mit einem Fotoempfängerverstärker, einem AD-Wandler, einem Speicherblock und einem Mikroprozessor-Controller geschaltet sind. Der zweite Eingang des Mikroprozessor-Controllers ist an den Ausgang des Positionssensors angeschlossen, der dritte Eingang an den Ausgang des Temperatursensors des optischen Schalters und sein Ausgang ist an den zweiten Eingang des AD-Wandlers angeschlossen. Der optische Schalter ist in Form einer Scheibe mit alternierend, für die Wärmestrahlung durchsichtigen und nichtdurchsichtigen Gebieten ausgeführt, wobei ein Teil der nichtdurchsichtigen Gebiete den Reflexionskoeffizienten E_1 besitzt, der andere Teil den Reflexionskoeffizienten E_2 , wobei die nichtdurchsichtigen Gebiete des optischen Schalters die Quellen der kalibrierten Strahlungen sind.

Die Erfindung wird durch Zeichnungen erklärt, wobei in Fig. 1 das Blockschema einer Wärmebildkamera und in Fig. 2 Varianten der Ausführung des optischen Schalters dargestellt sind.

In der vorgeschlagenen Wärmebildkamera sind nacheinander entlang dem optischen Strahl angeordnet: ein optischer Schalter 1 mit einem Drehantrieb 2, einem Positionssensor 3 und einem Temperatursensor 4, welche sich im Wärmekontakt mit dem Schalter 1 befinden, ein Objektiv 5 und ein Fotoempfänger 6. Die Strahlung tritt vom Objektiv 5 auf den Schalter 1 entweder direkt oder über eine zusätzliche Eingangsoptik (auf der Zeichnung nicht angegeben). Mit dem Fotoempfänger 6 sind nacheinander verbunden ein Verstärker 7, ein AD-Wandler 8, ein Speicherblock 9 und ein Mikroprozessor-Controller 10, dessen zweiter Eingang an den Ausgang des Positionssensors 3 angeschlossen ist, dessen dritter Eingang an den Ausgang des Temperatursensors 4 und dessen Ausgang an den zweiten Eingang des AD-

Wandler 8 angeschlossen ist. Der optische Schalter 1 enthält eine Scheibe mit alternierend für die Wärmestrahlung durchsichtigen Gebieten 11 und nichtdurchsichtigen Gebieten 12 (Fig. 2), welche durch den Drehantrieb 2 in Drehungen versetzt werden können. Der Drehantrieb 2 kann entweder über eine autonome Spannungsquelle arbeiten (auf der Zeichnung nicht gezeigt) oder wird über den Mikroprozessor-Controller 10 gesteuert. Die nichtdurchsichtigen Gebiete 12 sind so ausgeführt, daß ein Teil von ihnen den Reflexionskoeffizienten E_1 hat, der übrige Teil den Reflexionskoeffizienten E_2 ungleich E_1 besitzt. Dabei können die Gebiete mit den unterschiedlichen Reflexionskoeffizienten entweder auf jedem der nichtdurchsichtigen Gebiete 12 liegen, wobei jedes Gebiet aus zwei Teilen besteht, einem, der den Reflexionskoeffizienten E_1 hat und dem anderen, der den Reflexionskoeffizienten E_2 besitzt (Fig. 2a), oder sie liegen abwechselnd auf Nachbargebieten, wobei ein nichtdurchsichtiges Gebiet vollständig den Reflexionskoeffizienten E_1 hat und das gesamte benachbarte nichtdurchsichtige Gebiet den Reflexionskoeffizienten E_2 (Fig. 2b), oder aber ein oder mehrere Gebiete haben vollständig den Reflexionskoeffizienten E_1 und die restlichen Gebiete den Reflexionskoeffizienten E_2 (Fig. 2c). Es sind auch andere Kombinationen möglich.

In Abhängigkeit von der konkreten zu lösenden Aufgabe können verschiedene Typen von Fotoempfängern verwendet werden. Bei Verwendung von einelementigen oder Zeilenanordnungen von Fotoempfängern 6 in der Wärmekamera wird als optischer Schalter 1 üblicherweise ein Scanner benutzt. Bei Verwendung von Matrizanordnungen der Fotoempfänger 6 entfällt die Nutzung eines Scanners. Dabei wird das Signal vom Ausgang des Fotoempfängers 6 auf den Eingang des Verstärkers mit Hilfe eines Kommutators geschaltet.

Die vorgeschlagene Wärmekamera arbeitet folgendermaßen:

Das optische Signal fällt vom Objekt auf den optischen Schalter 1, welcher die Strahlung vom Objekt in den Momenten durchläßt, wenn die durchsichtigen Gebiete 11 auftreten und welcher das Signal in den Momenten schließt, wenn die nichtdurchsichtigen Gebiete 12 auftreten. Danach verläuft die Strahlung abwechselnd vom Objekt, von den nichtdurchsichtigen Gebieten 12 mit dem Reflexionskoeffizienten E_1 und den nichtdurchsichtigen Gebieten 12 mit dem Reflexionskoeffizienten E_2 durch das Objektiv 5 und fällt auf den Fotoempfänger 6, welcher den einfallenden Strahl in ein elektrisches Signal umwandelt. Nach der Verstärkung bis zu dem erforderlichen Niveau im Verstärker 7 wird das Signal im AD-Wandler 8 digitalisiert, wobei dessen Ausgangscode an den Speicherblock 9 gegeben wird. Der Mikroprozessor-Controller 10 berechnet die in den Speicherblock 9 eingeschriebene Information, wandelt sie in eine Temperaturkarte des Objektes um und gibt sie in digitaler Form an den Ausgang der Einrichtung. Von hier kann sie an einen Wiedergabeblock zur entsprechenden visuellen Beobachtung gegeben werden oder auf einen Informationsträger bzw. ein Videoband geschrieben werden. Der Temperatursensor 4 wandelt die Temperatur der nichtdurchsichtigen Gebiete 12 des optischen Schalters 1 in ein elektrisches Signal um und gibt dieses auf den Eingang des Mikroprozessor-Controllers 10, welcher die Synchronisation des gesamten Signalverarbeitungstraktes durchführt.

Die Temperaturmessung erfolgt nun folgendermaßen:

In der Zeitperiode, wenn das Signal U_1 am Ausgang des

Fotoempfängers 6 der entsprechenden Strahlung über dem nichtdurchsichtigen Gebiet 12 mit dem Reflexionskoeffizienten E_1 ankommt, wird seine Größe folgendermaßen definiert:

$$5 \quad U_1 = E_1 \cdot K_2 \cdot \sigma \cdot T_0^4 \cdot S + U_0$$

In der Zeitperiode, wenn das Signal U_2 am Ausgang des Fotoempfängers 6 dem Strahlungsfluß vom Objekt entspricht, wird seine Größe folgendermaßen ausgedrückt:

$$10 \quad U_2 = K_1 \cdot \sigma \cdot T_x^4 \cdot S + U_0$$

In der Zeitperiode, wenn das Signal U_3 am Ausgang des Fotoempfängers 6 dem Strahlungsfluß von den nichtdurchsichtigen Gebieten 12 mit dem Reflexionskoeffizienten E_2 entspricht, wird seine Größe folgendermaßen ausgedrückt:

$$20 \quad U_3 = E_2 \cdot K_2 \cdot T_0^4 \cdot S + U_0$$

Dabei bedeuten:

25 K_1 Übertragungskoeffizient der Strahlung des Objektes,

K_2 Übertragungskoeffizient der Strahlung der nichtdurchsichtigen Gebiete 12 des Schalters 1,

σ Stefan-Bolzmann-Konstante,

T_x Absoluttemperatur des Objektes,

30 S Voltempfindlichkeit des Fotoempfängers 6

T_0 Absoluttemperatur des Schalters 1,

35 U_0 summiere Verschiebungsspannung (beinhaltet den Einfluß der Elektronik, den Wärmestrom des Fotoempfängers 6 und andere Bestandteile).

Die Objekttemperatur wird durch Lösung der Gleichungen bestimmt, welche über ein Programm im Mikroprozessor-Controller 10 nach einem bekannten Algorithmus realisiert wird. Das erhaltene Resultat in Ziffernform wird an den Ausgang der Anordnung gegeben.

30 Somit werden in der Wärmekamera für die Bestimmung der Temperatur eines zu untersuchenden Objektes, die Signale von nichtdurchlässigen Teilen des optischen Schalters 1 mit verschiedenen Reflexionskoeffizienten benutzt, was äquivalent ist mit der Nutzung von zwei kalibrierten Signalen. Dadurch ist es möglich, in einem beliebigen Zeitmoment unabhängig die Größen S (Empfindlichkeit des Fotoempfängers) und U_0 zu bestimmen.

40 Das ist wiederum äquivalent mit der Korrektur der Eichkurve der Wärmekamera in zwei Punkten und gestattet Fehler zu beseitigen, die mit Verschiebungen der Empfindlichkeit des Fotoempfängers 6 verbunden sind (Drift). Somit wird in einem Konstruktions-

45 element die Funktion des optischen Schalters 1 und zweier Eichquellen vereinigt. Letztere sind nichtdurchsichtige Gebiete 12 des optischen Schalters 1 mit ver-

50 schiedenen Reflexionskoeffizienten E_1 und E_2 . Dadurch werden die Abmessungen der Wärmekamera und ihr Energieverbrauch entscheidend verringert. Es wurde ein entsprechendes Labormuster entwickelt und getestet.

55 Der optische Schalter 1 ist eine Scheibe aus einer Legierung von AM_2 mit Schaufeln, welche mit Hilfe der anodischen Oxydation bearbeitet wurden. Die entsprechenden für die Wärmestrahlung durchsichtigen Gebiete wurden aus der Scheibe herausgeschnitten. Ein Teil der nichtdurchsichtigen Gebiete 12 wurde poliert und

60 hat den Reflexionskoeffizienten $E_1 = 0,06$. Die nichtpolierten, nichtdurchsichtigen Gebiete 12 haben den Reflexionskoeffizienten $E_2 = 0,055$. Es ist auch möglich, ver-

schiedene Reflexionskoeffizienten auf den nichtdurchsichtigen Gebieten 12 des optischen Schalters 1 mit Hilfe des Auftragens von Schichten unterschiedlicher Reflexionskoeffizienten zu erreichen. Das Objektiv ist ein Linsensystem, welches aus Germanium und Silicium besteht. Es wurden eine Fotoelementezeile auf der Grundlage von Cd Hg Te mit 32-Elementen (2 Zeilen) benutzt. Der Verstärker 7 wurde auf der Basis der Schaltkreise vom Typ 1407 UDS, der Speicherblock 9 auf der Basis von 2 Schaltkreisen NU 62256 -70 aufgebaut. Als AD-Wandler 8 wurde der Typ AD 9058 JD verwendet. Der Mikroprozessor-Controller 10 ist eine Miniaturplatte RSAT mit dem Prozessor I 80 286. Als Temperatursensor 4 des optischen Schalters 1 wurde ein Thermowiderstand verwendet, als Positionssensor 3 wurden Optopaares benutzt. Im entsprechenden Labormuster, das ohne Temperaturstabilisierung des Fotoempfängers 6 arbeitete, betrug die Genauigkeit der Temperaturmessungen $0,1^\circ$ Kelvin. Die Abmessungen der Anordnung zusammen mit dem Scanner, der aus 2 sich drehenden sechseckigen Prismen besteht, betrug $500 \times 100 \times 250$ mm. Das Gesamtgewicht des Gerätes lag unter 5 kg. Somit unterscheidet sich die vorgeschlagene Wärmebildkamera von anderen analogen Geräten durch niedrigere Abmessungen, niedrigeres Gewicht sowie durch geringeren Energieverbrauch, aufgrund des Nichtvorhandenseins von speziellen geeichten Wärmequellen. Es ist geeignet zur Kontrolle und Messung von Temperaturfeldern verschiedener Objekte mit hoher Genauigkeit.

5

10

15

20

25

30

Patentanspruch

Wärmebildkamera, in der nacheinander entlang dem Gang des optischen Signales ein optischer Schalter (1) mit einem Positionssensor (3) und einem Drehantrieb (2), ein Objektiv (5) und ein Fotoempfänger (6), und eine Eichstrahlungsquelle mit einem mit ihr in Wärmekontakt befindlichen Temperatursensor (4) angeordnet sind, die in Reihe mit einem Fotoempfängerverstärker (7), einem AD-Wandler (8), einem Speicherblock (9) und einem Mikroprozessor-Controller (10) geschaltet sind, dessen zweiten Eingang mit dem Ausgang des Positionssensors (3) verbunden ist, dessen dritter Eingang mit dem Ausgang des Temperatursensors (4) des optischen Schalters (1) verbunden ist und dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang des AD-Wandlers (8) verbunden ist, gekennzeichnet dadurch, daß der optische Schalter (1) eine Scheibe mit alternierenden, für Wärmestrahlung durchsichtigen Gebieten (11) und nichtdurchsichtigen Gebieten (12) enthält, wobei ein Teil der nichtdurchsichtigen Gebiete (12) einen Reflexionskoeffizienten E_1 hat und der andere Teil einen Reflexionskoeffizienten E_2 ungleich E_1 , und daß die nichtdurchsichtigen Gebiete (12) des optischen Schalters (1) die Quellen der Eichstrahlungsquelle sind.

35

40

45

50

55

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

60

65

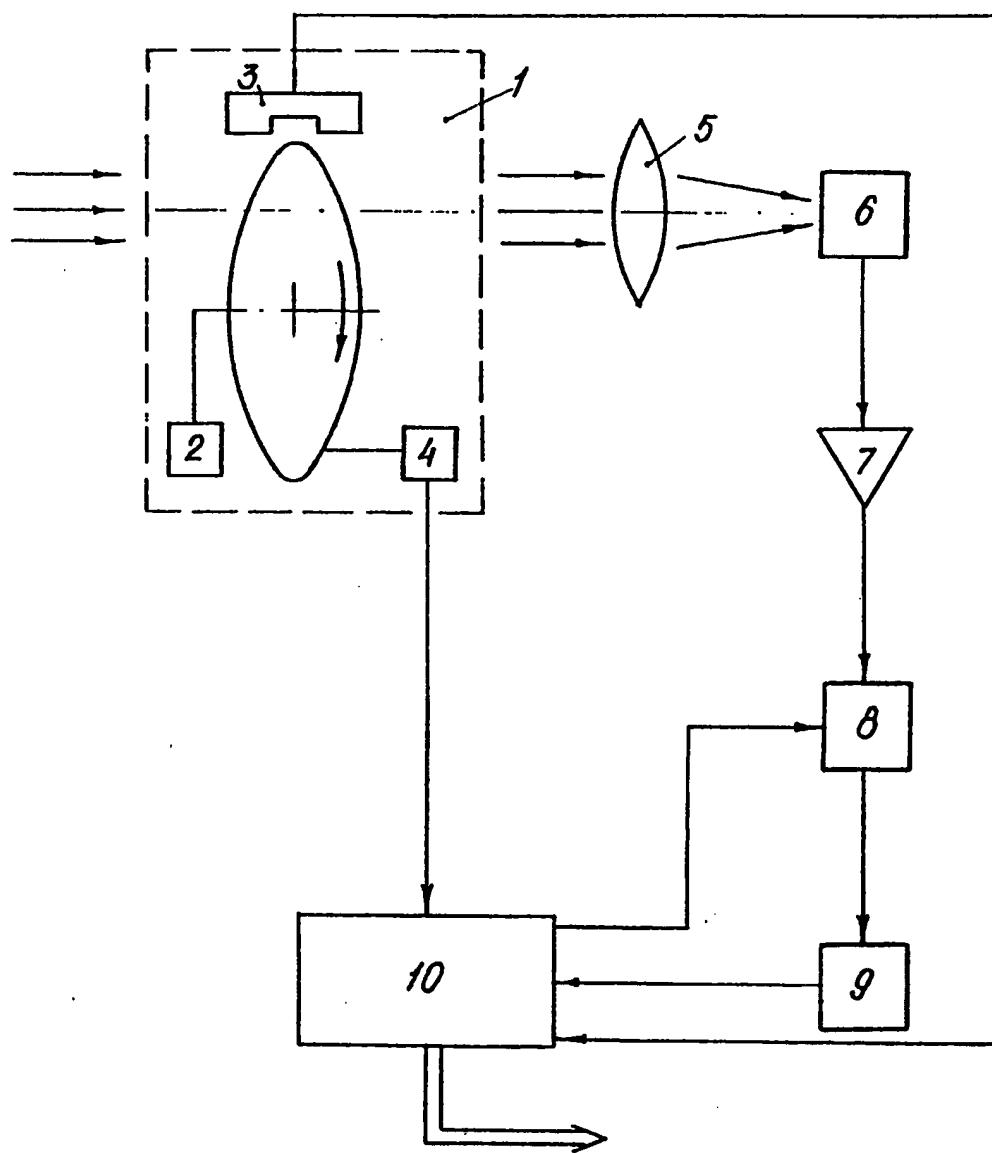
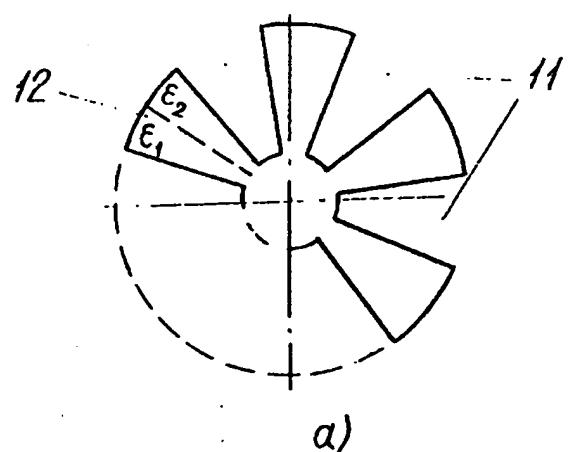
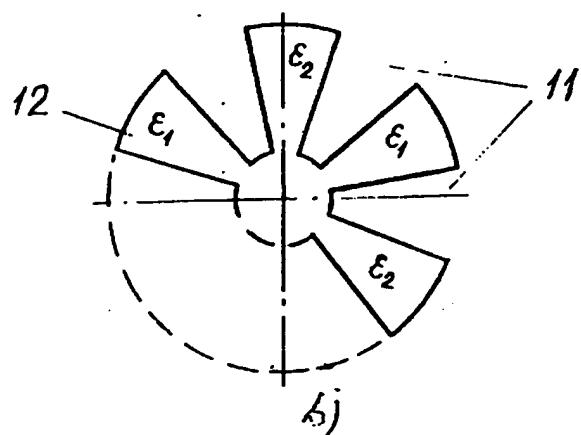


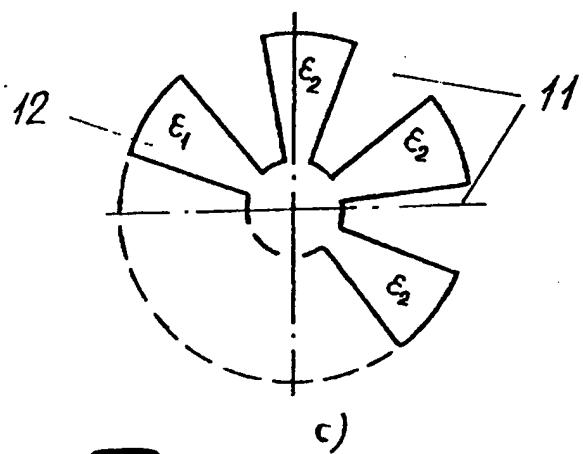
Fig. 1



a)



b)



c)

Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.